

A párolgás és a talaj vízháztartási tulajdonságainak modellezése: magyarországi esettanulmányok

A doktori értekezés tézisei

Drucza Miklós

Földtudományi Doktori Iskola

Földrajz-Meteorológia Doktori Program

A Doktori Iskola vezetője: Dr. Monostori Miklós

A Doktori Program vezetője: Dr. Gábris Gyula

Témavezető: Dr. Ács Ferenc egyetemi docens, kandidátus

ELTE Meteorológiai Tanszék

Kutatóhely:

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2008.

1. Bevezetés

A szárazföldi felszín párolgása a felszín víz- és energiamérlegének az egyik legfontosabb összetevője. Értéke közvetlenül nem mérhető, ezért becslésére különböző modellek alkalmazása szükséges. A modellek az alkalmazott skálatartományok szerint két fő csoportra oszthatók. A felszín anyag- és energiaátviteli folyamatainak mikroskálán történő modellezése lehetőséget ad a párolgás fizikai alapú becslésére. A mikrometeorológiai modellezés mezo- vagy makroskálájú kiterjesztéséhez azonban bonyolult felskálázási eljárásokra van szükség. E felskálázási eljárások alkalmazásához nagy felbontásban kell ismernünk a felszín tulajdonságait.

Az alkalmazások másik fontos csoportja a makroskálára vonatkozik. A makroskálájú vizsgálatokban a párolgást gyakran egyszerű empirikus összefüggések alapján - mellőzve a fizikai folyamatok leírását- jellemzik. E tanulmányban mindkét skálatartományon vizsgáltuk a párolgás és a talaj vízháztartási tulajdonságait.

A talaj víztartó képességét leíró függvények ($\Psi(\theta)$ -függvény, Ψ a talaj nedvességpotenciálja vagy a talaj víztartó képessége, θ a talaj nedvességtartalma) a mikrometeorológiai modellek szerves részét képezik. Hazánkban a mikrometeorológiai alkalmazásokban *Clapp* and *Hornberger* (1978) $\Psi(\theta)$ -parametrizációja honosodott meg, annak ellenére, hogy az amerikai egyesült államokbeli talajokra vonatkozik. Ugyanakkor a hazai talajfizikai alkalmazásokban *Rajkai* (1988) parametrizációja terjedt el. A két parametrizáció összehasonlító vizsgálata mindeddig nem történt meg. Ezért értekezésem I. esettanulmányának célja a *Clapp* and *Hornberger* (1978) és a *Rajkai* (1988) $\Psi(\theta)$ -parametrizációk összehasonlítása. A parametrizációkat homogén és inhomogén területi eloszlású talajnedvességtartalom esetén vizsgáltuk, majd elemeztük a homogén és az inhomogén területi eloszlású $\Psi(\theta)$ - függvények közötti kapcsolatot is.

A párolgás alakulásában az egyik legfontosabb tényező a talaj nedvességtartalma. A talajnedvességtartalom rendszeres és közvetlen mérése időigényes, és többnyire gyakorlati nehézségekbe ütköző feladat. Ezért a talajnedvességtartalom becslésére modelleket is alkalmaznak. A felszín energiamérlegének modellezésén alapuló eljárások egyik fontos bemenő állapothatározója a felszíni hőmérséklet. Ez manapság leggyakrabban távérzékelési eljárásokkal becsülhető. Ugyanakkor a hazai Agrometeorológiai Observatóriumokban és klímaállomásokon a standard meteorológiai adatok mellett a talaj felszíni rétegének hőmérsékletét is méri. Ezen adatok alapján a felszín hőmérséklete is becsülhető. A hazai

gyakorlatból mindeddig hiányoztak azok a talajnedvesség becslésére szolgáló mikrometeorológiai módszerek, melyek a hazai Agrometeorológiai Obszervatóriumok vagy klimatológiai állomások adatainak felhasználásán alapulnának. Ezért az értekezés II. esettanulmányában azt vizsgáltuk, hogy mennyire alkalmas egy általunk szerkesztett, az agroklimatológiai adatsorok felhasználásán alapuló mikrometeorológiai modell a talajnedvességtartalom becslésére.

Magyarország víz- és energiaháztartását jellemző klimatológiai tanulmányok mindeddig nem, vagy csak korlátozott mértékben vették figyelembe a talaj fizikai féleségét. Átfogó elemzés a talaj fizikai féleségének a felszín víz- és energiamérleg összetevőire gyakorolt hatásáról mindeddig nem készült. Emelett a globális éghajlatváltozás Magyarország hidroklimájára gyakorolt hatása - főleg a talaj hidrofizikai tulajdonságainak számításba vétele alapján - kevésbé ismert. A III. esettanulmánnyal e hiányokat szeretnénk pótolni. Vizsgálatainkat egy klasszikus hidroklima osztályozási módszer, a *Thornthwaite-féle* (1948) módszer adaptálásával és kibővítésével végeztük. Ebben az esettanulmányban a céljaink a következők voltak:

- A Thornthwaite-féle hidroklima körzetek meghatározása,
- a felszíni energiamérleg-összetevők és a talajnedvesség-tartalom klimatológiai értékeinek becslése Magyarország területén,
- a Thornthwaite-féle hidroklima körzetek és az energiamérleg-összetevők kapcsolatának vizsgálata,
- a talaj textúrájának az éghajlati körzetekre és az energiamérleg-összetevőkre gyakorolt hatásának vizsgálata,
- a Thornthwaite-féle hidroklima körzetek és a vízmérleg összetevők változásának vizsgálata a XX. és a XXI. században.

Kutatásainkat az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA, T043695 projekt) és a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Program (NKFP-3A/0006/2002 projekt) is támogatta.

2. Alkalmazott vizsgálati módszerek

Clapp and *Hornberger* (1978) és *Rajkai* (1988) parametrizációját homogén és inhomogén területi eloszlású talajnedvesség-tartalom esetén hasonlítottuk össze. Az inhomogén területi eloszlású talajnedvesség-tartalmat normális eloszlással szimuláltuk. Az inhomogén területi eloszlású $\Psi(\theta)$ -függvényeket a Ψ sűrűségfüggvénye alapján becsültük. Végül elemeztük a homogén és az inhomogén területi eloszlású $\Psi(\theta)$ -függvények közötti kapcsolatot. Mivel ezeket a függvényeket minden egyes talajtextúrára külön-külön kell meghatározni, összehasonlítottuk a magyarországi és az amerikai egyesült államokbeli talajtextúra osztályokat is. Összehasonlító vizsgálatunkban nem az egyes parametrizációk jóságának a megítélése volt a cél, hanem a parametrizációk közötti eltérések vizsgálata.

A talajnedvesség-tartalom becslését a DMPROG (*Diagnostic Model of Progsurf*) (*Ács et al.*, 2000) modell inverz alkalmazásával végeztük. A modell a felszín energiamérleg-egyenletét oldja meg. Az inverz alkalmazásban a felszín hőmérsékletét becsüljük, ami nagy mértékben függ a talaj nedvességtartalmától is. Számításainkban azt a talajnedvesség-tartalom értéket kerestük, amely esetén a becsült és a mért felszíni hőmérséklet megegyezik. Vizsgálatainkban a Debreceni Agrometeorológiai Obszervatórium mérési adatait használtuk fel. Az adatok az 1974-1986 közötti időszakra, 12 UTC főterminusra, és fűfelszínre vonatkoznak. A felszínhőmérsékletet a felszíni rétegekben mért talajhőmérsékletek lineáris extrapolációjával becsültük. A talajnedvesség-tartalom becslésének validálásához a 0-20 cm-es talajrétegek mért talajnedvesség-tartalom értékeit használtuk fel. A napi talajnedvesség-tartalom adatokat lineáris interpolációval állítottuk elő a heti rendszerességgel mért értékekből. Megvizsgáltuk, hogy mennyire alkalmas a módszer a talajnedvesség-tartalom meghatározására. Majd a talajnedvesség-tartalom pillanatnyi értékeit becsültük, végül meghatároztuk a mérési időszakra vonatkozó átlagos havi értékeket.

Magyarország felszín közeli klímáját *Thornthwaite* (1948) módszerével vizsgáltuk. A módszer magába foglalja a felszín vízmérleg-összetevőinek számítását, és a vízmérleg-összetevők értékei alapján az éghajlati képletek meghatározását. A vízmérleg-összetevőket az 1 m-es mélységű talajszelvényre vonatkozó csöbör modellel szimuláltuk. A számítások során figyelembe vettük a talajok hasznos vízkészletét, amit a talaj fizikai félesége alapján becsültünk. A talaj fizikai féleségét homogénnek tekintettük az 1 m-es talajszelvényben. A modellt kiegészítettük az energiamérleg legfontosabb összetevőinek: a

globálsugárzás, a sugárzási egyenleg, a szenzibilis hőáram és a talajhőáram számításával is. A szenzibilis hőáramot a felszín energiamérlegének maradék tagjaként becsültük. A víz- és energiamérleg-összetevők becsült értékei klimatikus referenciaterületre (rövidre nyírt fűfelfsín) vonatkoznak. Vizsgálatainkat az 1901-1950 és az 1951-1990 közötti időszak hőmérséklet és csapadék, valamint az 1901-1950 időszak napfénytartam adatai alapján végeztük. A globális éghajlatváltozás Magyarország hidroklimájára gyakorolt hatását *Bartholy et al.* (2004) munkájában ismertetett, hazánk területére vonatkozó regionális éghajlati forgatókönyvek alapján becsültük. A regionális éghajlati forgatókönyvek a hőmérséklet és a csapadék változását becsülik 2050-re és 2100-ra 16 Globális Cirkulációs Modell (GCM) eredményei és az IPCC 4 fő emissziós szcenáriócsaládja (*IPCC*, 2001) alapján. Vizsgálatainkban azt a feltevést alkalmaztuk, hogy Magyarországon az éghajlati forgatókönyvekben becsült hőmérséklet és csapadék anomáliák területi eloszlása homogénnek tekinthető, valamint, hogy a Thornthwaite-féle potenciális párolgás becselő módszer a megváltozott éghajlat esetén is alkalmazható.

3. Új eredmények és következtetések

Az új eredményeket minden egyes esettanulmányra vonatkozóan külön-külön fogjuk bemutatni.

A talaj víztartó képességének vizsgálata (I. esettanulmány)

1. *Clapp* and *Hornberger* (1978) és *Rajkai* (1988) $\Psi(\theta)$ -parametrizációi közötti eltérések az agyag fizikai féleség esetén, a száraz viszonyokban a legnagyobbak.
2. *Clapp* and *Hornberger* parametrizációja nagyfokú érzékenységet mutat a talajnedvesség-tartalom területi eloszlására. Az inhomogén és a homogén *Clapp* and *Hornberger*-féle $\Psi(\theta)$ -függvények közötti eltérések, a száraz és a mérsékelt nedves tartományokban a legnagyobbak. *Rajkai* parametrizációja nem érzékeny a talajnedvesség-tartalom területi eloszlására.
3. Számszerűsítettük az inhomogén és a homogén $\Psi(\theta)$ -függvények közötti kapcsolatokat a *Rajkai* és a *Clapp* and *Hornberger*-féle parametrizációkra és a főbb fizikai talajféleségekre vonatkozóan. Az eredmények a talaj vízháztartásának vizsgálatában, valamint a talaj és légkör közötti kölcsönhatások modellezésében hasznosíthatók.

A talajnedvesség-tartalom becslése mikrometeorológiai módszerrel (II. esettanulmány)

1. A talaj nedvességtartalmának becslésére szolgáló mikrometeorológiai módszer sikeres alkalmazásához szükséges feltételek viszonylag ritkán teljesülnek. A modell erősen labilis rétegződés, derült vagy kissé felhős égbolt és erős globálsugárzás esetén, valamint a szabadföldi- és a hervadásponti talajnedvesség-tartalom közé eső nedvességi tartományban ad csak elfogadható becslést.
2. A modell a talajnedvesség-tartalom pillanatnyi értékeit jelentős szórással becsüli. A becsült és a mért értékek mérési időszakra vonatkozó havi átlagai jó megegyezést mutatnak.
3. A módszer alkalmas a mérőhely adatain végzett validálás után az agrometeorológiai állomások éghajlati karakterisztikáinak - így pl. a talajnedvesség-tartalom, párolgás és a szenibilis hőáram - vizsgálatára.

Magyarország felszín közeli klímája Thornthwaite módszere alapján (III. esettanulmány)

1. A Thornthwaite módszerével számított tényleges párolgás évi összegének területi eloszlása eltér a korábbi tanulmányokban közzétett eredményekhez képest, ami jelentős részben annak tulajdonítható, hogy a becslést a talajtextúra területi eloszlásának számításba vételével készítettük.
2. A Thornthwaite módszerével becsült tényleges párolgás júliusi értékeinek területi eloszlása a talajtextúra területi eloszlásával mutat hasonlóságot. A talajnedvesség-tartalom havi átlagainak alakulásában a talajtextúra hatása a tavaszi és a nyári időszakban a legjelentősebb. Ebben az időszakban a homok talajok jelentősen szárazabbak a környező területekhez képest.
3. A talajtextúra hatása a felszín víz- és energiamérleg összetevői közül a szenibilis hőáram területi eloszlásában a legjelentősebb. A nyári időszakban a Duna-Tisza közének homokos területein a becsült szenibilis hőáram értékek számottevően nagyobbak a környező vidékek értékeihez képest.
4. A Thornthwaite módszerével becsült víz- és energiamérleg-összetevők területi eloszlását illetően a homok talajok rendelkeznek a legjelentősebb hatással. A homok

talajok esetében a nyári időszakban igen nagy szenzibilis hőáram, kicsi párolgás és talajnedvesség-tartalom értékeket becsültünk.

5. Magyarország Thornthwaite-féle hidroklíma körzeteinek a XX. században modellezett változása az ország egyes részein az éghajlat szárazabbá válását mutatja.
6. A globális éghajlatváltozás Magyarország hidroklímájára gyakorolt hatásának vizsgálatában Thornthwaite módszerét alkalmaztuk. A Thornthwaite-féle modell ilyen célú alkalmazása Magyarországon újdonság jellegű. Ki kell hangsúlyozni azt is, hogy ezek, a jövő hidroklímájára vonatkozó eredmények csak „becslések”, ugyanis validálásukra - természetesen - nincs lehetőségünk. Becsléseink azt mutatják, hogy 2050-ben, a legmarkánsabb változásokat mutató A2 scenárió szerint az ország sík és dombvidéki területeiről várhatóan hiányozni fog a Thornthwaite-féle humid ($B1$) hidroklíma. Ugyanakkor a szemiarid (D) hidroklíma megjelenése valószínű, amely 2100-ra várhatóan uralkodóvá válik az ország középső részén.
7. A vízmérleg-összetevők Thornthwaite módszerével becsült változása azt mutatja, hogy Magyarország hidroklímája a XXI. században várhatóan jelentősen szárazabbá válik. A potenciális párolgás (PET) és a vízhiány (D) évi összegének jelentős növekedése, a talajnedvesség-tartalom (θ) évi átlagának és a víztöbblet (S) évi összegének jelentős csökkenése valószínű. A tényleges párolgás (ET) esetén kismértékű növekedés valószínűsíthető, de a változás iránya a különböző GCM-ek, talajtípusok és emissziós scenáriók esetén nem konzisztens. A becsült változás mértéke 2100-ban a PET esetén 11-21%, az ET esetén 4-6%, a D esetén 37-73%, az S esetén -28 - -43% , és a θ esetén -8 - -15% között alakul a különböző emissziós scenáriók szerint. Az értékek 16 GCM és 37 klímaállomás adatai alapján becsült vízmérleg-összetevők átlagát mutatják.

Magyarország felszín közeli klímájának jellemzését eredetileg mikrometeorológiai módszer(ek) alkalmazásával képeztük el. Eredményeink és elemzéseink alapján ugyanakkor megállapítottuk, hogy a mikrometeorológiai módszer nem alkalmazható sikeresen a talajnedvesség-tartalom és az energiamérleg-összetevők területi értékeinek becslésére Magyarországon. Ennek oka elsősorban a felszámításához szükséges input adatok hiányában és a módszer korlátozott alkalmazhatóságában van. Ezért Magyarország felszín közeli klímájának vizsgálatában egy klasszikus klimatológiai módszert, a Thornthwaite-féle módszert

alkalmaztuk. E klimatológiai alkalmazás eredményei alapján nyilvánvaló, hogy Magyarország felszín közeli klímájának mezoskálájú jellemzésében a talaj hidrofizikai tulajdonságainak számításba vétele nélkülözhetetlen. Ezek fontossága ugyanis összemérhető a légköri és a domborzati tényezők fontosságával egyaránt.

Az értekezés témájában készített publikációk

- [1] Ács, F., Breuer, H., Tarczay, K., és Drucza, M., 2005: A talaj és az éghajlat közötti kapcsolat modellezése. *Agrokémia és Talajtan* 54, 257-274.
- [2] Ács, F., és Drucza, M., 2003: Észak-amerikai és magyarországi talajok víztartó képességének összehasonlító vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan* 52, 245-262.
- [3] Ács, F. Szász, G., and Drucza, M., 2004: Estimating soil moisture content of a grass covered surface using an energy balance equation and agrometeorological observations. Presented at Deutsch-Österreich-Schweizerische Meteorologen Tagung, 7. Bis 10. September 2004, Karlsruhe, Deutschland.
- [4] Ács, F., Szász, G., and Drucza, M., 2005: Estimating soil moisture content of a grass- covered surface using an energy balance approach and agroclimatological observations. *Időjárás* 109, 71-88.
- [5] Drucza, M., Ács, F., és Szász, G., 2003: A transpiráció, a talajnedvesség-tartalom és a felszíni hőmérséklet kapcsolatrendszere. *Összefoglalók "Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly" Tudományos Ülésszak, Kertészettudomány*, 2003. November 6-7. Budapest. A kiadványt szerkesztette: Simon Gergely.
- [6] Drucza, M., Ács, F., és Szász, G., 2004: A felszíni energiaegyenleg-modell alkalmazhatóságáról a talajnedvesség meghatározására. *Erdő és Klíma IV.*, 2003. június 4-6. Bakonybél. A kiadványt szerkesztette: Mátyás Csaba és Vig Péter.
- [7] Drucza, M., és Ács, F., 2004: Magyarország éghajlata 2050-ben és 2100-ban különböző hőmérsékleti és csapadék scenáriók alapján. *GEO 2004 Magyar Földtudományi Szakemberek VII. Világtalálkozója* 2004 augusztus 28- szeptember 2. Szeged. A kiadványt szerkesztette: Kovács-Pálffy Péter, Kopsa Ferencné, Verebiné Fehér Katalin és Zimmermann Katalin.

- [8] *Drucza, M., and Ács, F.*, 2006: Relationship between soil texture and near surface climate in Hungary. *Időjárás* 110, 135-153.

Idézett irodalomjegyzék

- [1] *Ács, F., Hantel, M., and Unegg, J. W.*, 2000: *Climate Diagnostics with the Budapest-Vienna Land-Surface Model SURFMOD*. Austrian Contribution to the IGBP. Vol. 3, National Committee for the IGBP, Austrian Academy of Sciences, Vienna. 116 pp.
- [2] *Bartholy, J., Pongrácz, R., Matyasovszky, I., és Schlanger, V.*, 2004: A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére. *Agro-21 Füzetek*, 33. 1-15.
- [3] *Clapp, R. B., and Hornberger, G. M.*, 1978: Empirical equations for some soil hydraulic properties. *Water Resour. Res.* 14, (4) 601-604.
- [4] *IPCC* 2001: *Third Assessment Report: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Edited by J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden and D. Xiaosu. Cambridge University Press, UK. pp 944.
- [5] *Rajkai, K.*, 1988: A talaj víztartó képessége és különböző talajtulajdonságok összefüggésének vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan* 36-37, 15-30.
- [6] *Thornthwaite, C. W.*, 1948: An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Review* XXXVIII, 55-93.